

EXERCICE 3 – Chapitre 4 – thème 2

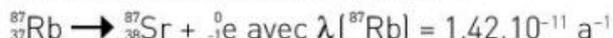
3 Le XX^e siècle et l'horloge moléculaire



▲ Des gneiss d'Isua

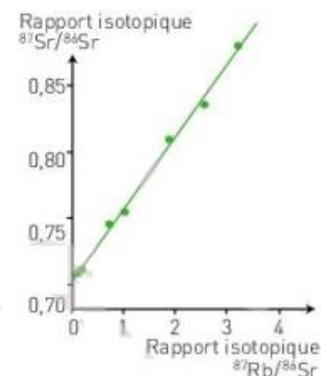
Les roches les plus anciennes découvertes à ce jour sur Terre se localisent au sein de cratons, zones de croûte continentale géologiquement très stables. Ainsi, les gneiss d'Isua, au Groenland, font partie de ces roches les plus anciennes. Il est possible de dater la formation de ces gneiss d'origine magmatique. Lors de la cristallisation du magma,

les différents minéraux incorporent du strontium stable (^{86}Sr), du ^{87}Sr radiogénique et du rubidium radioactif (^{87}Rb) :



À l'origine, tous les minéraux possèdent le même rapport en concentration de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, mais sont plus ou moins riches en rubidium 87 . En comparant les rapports isotopiques aujourd'hui dans les différents minéraux, on obtient une droite dont la pente permet de déterminer l'âge de la roche.

Avec une écriture mathématique simplifiée, la pente est liée à l'âge par la relation : $P = \lambda \times t$



▲ Diagramme isotopique Rb - Sr

5. Calculer l'âge des gneiss d'Isua à partir de la droite isochrone qui passe par les points (0,15 : 0,711) et (3,34 : 0,877)

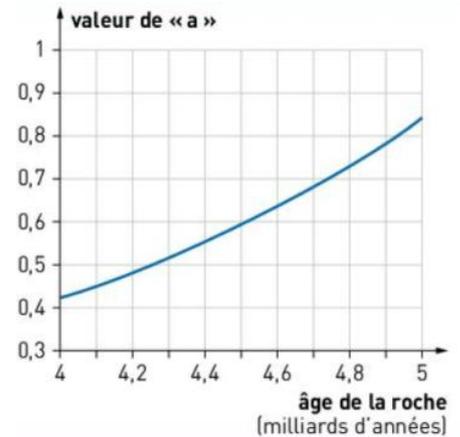
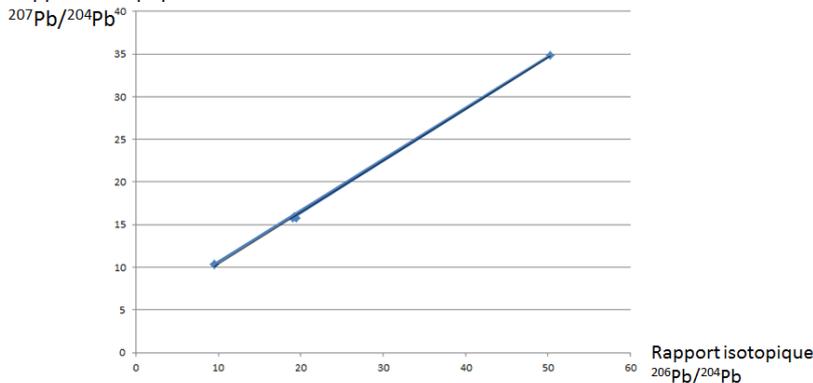
En 1953, Clair Patterson exploite des mesures de rapports isotopiques du plomb réalisées sur des météorites.

Échantillon	Météorite de Nuevo Laredo (Nouveau-Mexique)	Météorite de Canyon Diablo (Arizona)	Météorite de Forest City (Iowa)	Météorite de Modoc (Kansas)	Météorite de Henbury (Australie)	Sédiments marins
$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	50,28	9,46	19,27	19,48	9,55	19,00
$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	34,86	10,34	15,95	15,76	10,38	15,80

Données exploitées par Patterson pour dater la formation de la Terre.

Il arrive à tracer le graphique suivant :

Rapport isotopique



6. Calculer l'âge de la Terre à l'aide de la droite isochrone obtenue par la récolte des météorites ci-dessus.

Patterson a également travaillé sur des sédiments d'origine terrestre. Il pensait que la composition isotopique du plomb de ces sédiments (produits par érosion de roches terrestres variées) devait être représentative de celles de l'ensemble de la Terre.

7. Vérifier graphiquement si l'échantillon sédimentaire s'aligne avec les météorites.

Un autre chronomètre radioactif

Le rubidium Rb et le strontium Sr sont des éléments contenus en très faible quantité dans les minéraux. Il existe plusieurs isotopes pour ces deux éléments, et l'isotope ^{87}Rb , radioactif, se désintègre en ^{87}Sr . On peut établir la relation :

$$^{87}\text{Sr} = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb} (e^{\lambda t} - 1)$$

où e est la fonction mathématique « exponentielle », ^{87}Sr et ^{87}Rb les teneurs mesurées au temps t (actuel), $^{87}\text{Sr}_0$ est la teneur initiale (inconnue) et λ la constante de désintégration du couple ($\lambda = 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$).

Deux inconnues dans cette équation ne permettent pas de la résoudre. Cependant on s'est aperçu que pour tous les minéraux d'une même roche, le rapport $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ était identique. En effet, ^{86}Sr est un isotope stable du strontium, donc $^{86}\text{Sr}_t = ^{86}\text{Sr}_0$. On peut alors écrire :

$$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}} = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}} (e^{\lambda t} - 1)$$

soit :

$$Y = b + X a$$

Échantillon	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Chainpur 1	0,7580	0,74864
Soko banja A 1	1,520	0,79891
Soko Banja B 2	1,685	0,80952
Soko Banja I	0,1542	0,70910
Guidder	0,4060	0,72576
Olivenza	0,7790	0,75035
Saint Severin B 1	0,1610	0,70941

DOC 1 Les mesures effectuées sur différentes chondrites.

Y et X peuvent être mesurés et on ne connaît pas b , mais c'est une constante. Le graphique $Y = f(X)$ est représenté par une droite dont la pente sera $a = (e^{\lambda t} - 1)$. Le tableau ci-dessus représente des mesures effectuées en 1981 par les géologues Jean-François Minster et Claude Allègre pour proposer une nouvelle estimation de l'âge de la Terre à partir de météorites appelées chondrites.

8. Tracer la droite $Y = b + ax$ à partir des données fournies.

9. Indiquer comment vous devrez utiliser le graphique pour déterminer a . Calculer sa valeur.

10. Déterminer cet âge en utilisant l'approximation suivante : $(e^{\lambda t} - 1) \approx e^{\lambda t}$.